

Н.В. МИХАЙЛОВА, гл. технолог, Научно-производственная корпорация «Механобр-техника»; А.Ю. ФЕОКТИСТОВ, кандидаты техн. наук, Санкт-Петербургский государственный горный университет; Л.Г. БЕРНШТЕЙН, Научно-испытательный центр «Гипроцемент-Наука» (Санкт-Петербург)

Перспективы использования дополнительного топлива из твердых бытовых отходов при производстве цемента

Традиционно энергетическая утилизация твердых бытовых отходов (ТБО) осуществляется на подвижных колосниковых решетках специализированных мусоросжигательных заводов. Сейчас в Европейском союзе работает более 400 таких заводов, оборудование для них выпускается серийно. Недостатком, в частности, являются высокие капитальные затраты и необходимость утилизации образующегося золошлакового остатка.

Необработанные смешанные ТБО имеют теплотворную способность не выше 7–9 МДж/кг, представляют собой смесь более 30 компонентов различной природы и свойств и непостоянны по составу. Известно, что в результате сортировки ТБО можно превратить в топливо стабильного состава, которое будет использоваться в промышленности наряду с другими видами топлива. Топливо из ТБО в мире получило название RDF (англ. refuse derived fuel).

Использование RDF в качестве дополнительного топлива при производстве цемента, когда тепло от сжигания альтернативного топлива расходуется непосредственно в тепловом агрегате для протекания физико-химических процессов, а образующаяся зола входит естественным образом в состав готовой продукции (клинкера) представляет наибольший интерес. Цементная печь позволяет осуществить экологически безопасную утилизацию отходов, что обусловлено следующими обстоятельствами:

- высокая температура твердой фазы (до 1450°C) и газовой среды (до 2000°C); значительное время пребывания газов в горячей зоне (более 7 с при температуре выше 1200°C);
- щелочная среда материала в печи обеспечивает нейтрализацию токсичных веществ за счет взаимодействия с цементными сырьевыми материалами;
- практическая безотходность самой цементной технологии;
- наличие в печных установках эффективных пылеуловителей, что является основным залогом очистки выбросов от тяжелых металлов и диоксинов.

Утилизация топлива из ТБО в производстве цемента дает следующие преимущества:

- утилизация больших объемов ТБО, так как цементная печь требует для работы до 5 т RDF в час (40 тыс. т в год);
- снижение выбросов парниковых газов в глобальном масштабе за счет недопущения разложения ТБО на

полигоне, с одной стороны, и замещения части традиционного топлива, с другой;

- термическая переработка ТБО выносится далеко за пределы населенного пункта и требует на порядок меньших капиталовложений по сравнению с традиционным сжиганием.

RDF с калорийностью около 15 МДж/кг позволяет заместить большую долю традиционного топлива в цементных печах [1]. При мокром способе подготовки цементной шихты доля замещаемого цементного топлива составляет до 20%. При сухом способе подготовки шихты перед трубчатой вращающейся печью устанавливаются запечные теплообменники с декарбонизатором, где осуществляется нагрев и декарбонизация шихты в потоке газов с температурой до 1000°C. В самой печи осуществляется только спекание с получением жидкой фазы. Разделение получения цементного клинкера на два не случайно: большая часть тепла (около 60%) расходуется на процесс нагрева и декарбонизации. Такие процессы при огромном энергопотреблении не требуют высоких температур и следовательно менее требовательны к калорийности топлива, поэтому декарбонизатор может работать полностью на RDF. Это позволяет увеличить общую долю использования RDF на цементном заводе до 60% [2].

Задача «обогащения» ТБО заключается в увеличении содержания высококалорийных компонентов (пластик, резина, кожа, бумага) и в одновременном удалении экологически и технологически вредных, а также просто балластных для термической переработки компонентов: песок, стекло, кости, металл, хлорсодержащие пластики, электроника. Требования к RDF из ТБО, действующие на цементных заводах Швеции и Великобритании, представлены в табл. 1.

Основным методом производства RDF во всем мире признан механический. Он представляет собой комбинацию операций сепарации и дробления и позволяет получить качественное топливо за счет механического удаления пищевых и других отходов, несущих 90% влажности RDF. В случае отсутствия операции, позволяющей удалить пищевые отходы, RDF должно быть подвергнуто сушке до 15% влажности.

RDF может также быть получено из продуктов механической переработки бытовых отходов. Механическая переработка ТБО (аэробное, анаэробное биоразложение) приводит к снижению влажности и

Таблица 1

Страна	Предприятие	Форма ТПО	Теплота сгорания, МДж/кг	Другие показатели, %			
				Зольность	Влажность	Хлор	Сера
Швеция	PLM, Stockholm	Кубики	17	< 10	< 15	н/д	н/д
Великобритания	Byker, Newcastle	Гранулы	16,5–17	12–17	10–15	н/д	н/д
	Doncaster	Гранулы	17	15	11	н/д	н/д
	Eastbourne	Гранулы	17	13–18	8–15	0,28	0,23

Таблица 2

Наименование	Теплота сгорания низшая, МДж/кг	Влажность, %	Зольность на сухую массу, %
Материал, полученный сортировкой на ГИС 61-М из балласта МПБО-2	15,1	12	14,4
RDF на основе балласта МПБО-2 (расчет)	18–20	10	12–13
Материал, полученный сортировкой на ГИС 61-М из ТКО	15,4	10,6	10,5
RDF на основе ТКО (расчет)	18–21	10	9,5–10



Инерционный грохот НПК «Механобр-техника» ГИС 61-М

мусороперерабатывающем заводе МПБО-2. Сырьем для получения RDF являлись:

- несортированные ТБО жилого фонда, поступающие на завод МПБО-2;
- балласт, получаемый в результате очистки компоста – продукта механобиологического обезвреживания ТБО.

В качестве головного устройства для выделения калорийной фракции из отходов предложен инерционный грохот ГИС 61-М (см. рисунок), использующий технологию виброинерционной сепарации, и специально предназначенный для классификации смешанных бытовых отходов. Просеивающая поверхность инерционного грохота состоит из девяти каскадно расположенных друг над другом рядов самоочищающихся колосников консольного типа с общей площадью 10 м². Колосники формируют щель, размер которой можно подбирать в зависимости от целей сепарации.

Инерционный грохот является более сложным аппаратом, нежели традиционные грохоты, так как несет также функцию сепарации по упругости (баллистической сепарации). Разделение происходит по признаку, противопоставляющему качественное вторсырье и влажную фракцию, загрязненную органикой. В верхний продукт попадают сухие и упругие – т. е. высококалорийные – фракции (сухие чистые пластиковые пакеты, бутылки ПЭТФ, прочий пластик, чистая макулатура). Пищевые отходы и другие влажные мягкие фракции проваливаются между колосниками в нижний продукт. Эффективность удаления влажной биоразлагаемой фракции в нижний продукт превышает 90%, что можно оценить, как очень высокую. Сужающаяся форма колосников, их каскадное расположение и резонирование во время работы препятствуют забиванию и способствуют самоочистке просеивающей поверхности.

Характеристики верхнего продукта грохочения грохота ГИС-61М при номинальной щели между колосниками 100 мм приведены в табл. 2. Материал, полученный в результате одной операции обогащения, удовлетворяет требованиям к промышленному топливу из отходов. Средняя теплотворная способность полученного материала соответствует действующим в западных странах требованиям к RDF. Влажность и зольность полученного топлива значительно меньше предельных, содержание серы не превышает 0,6%.

биологической стабилизации. Разработаны процессы механобиологической сушки, специально направленные на подготовку коммунальных отходов к использованию в качестве топлива (Nerhof, Ecodesco). Далее применяются опять же операции механической сепарации.

Специалистами НПК «Механобр-техника» проведены исследования по получению RDF на Санкт-Петербургском

Полученный материал был подвергнут дроблению на ударно-роторном дезинтеграторе ДМВ 5×2, действующем по принципу высокоскоростной молотковой дробилки, и оборудованным вентилятором. В агрегате создаются условия для пневматической сепарации материала: легкие фракции разгружаются через циклон дезинтегратора, более тяжелые – из разгрузочного отверстия. Для полученных легкого и тяжелого продукта также были определены зольность, влажность и теплотворная способность.

Результаты показали, что пневматическая сепарация позволяет выделить небольшой по количеству высококалорийный легкий продукт, представленный преимущественно полиэтиленовой пленкой (не более 30% от поступающего на операцию материала). Такое малое извлечение полезного продукта не позволяет решить задачу утилизации значительной части ТБО и удовлетворить промышленную потребность цементных заводов. При этом существенная часть калорийных материалов попадает в тяжелую фракцию (резина, тяжелые пластики). При попытках добиться большего выхода калорийной фракции теряется избирательность разделения, пневматическая сепарация уже не оказывает однозначного влияния на улучшение свойств RDF.

Баллистическая сепарация также может привести к удалению из RDF вместе с тяжелыми негорючими фракциями упругих пластиков. При использовании в качестве дробильного оборудования высокоскоростных молотковых дробилок дальнейшее обогащение топливной фракции целесообразно осуществлять с помощью грохочения. После молотковой дробилки оставшиеся негорючие компоненты представлены мелкой тяжелой фракцией (отсев, измельченные в песок стекло и керамика), поэтому их легко удалить в нижний продукт с помощью барабанного грохота. Расчетные теплотехнические характеристики RDF, получаемого в результате использования схемы «инерционный грохот ГИС61-М – молотковая дробилка – барабанный грохот» приведены в табл. 2.

В настоящее время в Санкт-Петербурге запущена линия переработки ТБО с получением RDF, испытания которого на одном из цементных заводов Ленобласти дали положительные результаты. В ходе эксперимента за сутки сожжено 50 т RDF, при этом контролируемые показатели свидетельствуют об отсутствии негативного влияния на качество продукции, технологический процесс и выбросы в атмосферу.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, энергетическая утилизация ТБО, топливо из отходов, RDF, использование топлива из отходов в цементной промышленности, производство цемента, получение топлива RDF.

Список литературы

1. Waste fuels: their effect on Portland cement clinker. Cement and Concrete Research, Volume 35, Issue 3, March 2005, Pages 438–444. M. A. Trezza and A. N. Scian.
2. Juniper Consultancy Services Ltd, Mechanical-Biological Treatment: A Guide for Decision Makers – Processes // Policies and Markets. Executive Summary. 2005. March; Colin A. Haley C. Energy recovery from burning municipal solid wastes: a review. Resources, Conservation and Recycling, Volume 4, Issues 1–2, August 1990, P. 77–103.